

## LIGHT-EMITTING DIODE AND ITS MANUFACTURE

Patent Number: JP11046015

Publication date: 1999-02-16

Inventor(s): YAMANAKA KOZO; YAMADA MOTOKAZU

Applicant(s): NICHIA CHEM IND LTD

Requested Patent:  JP11046015

Application Number: JP19970201310 19970728

Priority Number(s):

IPC Classification: H01L33/00

EC Classification:

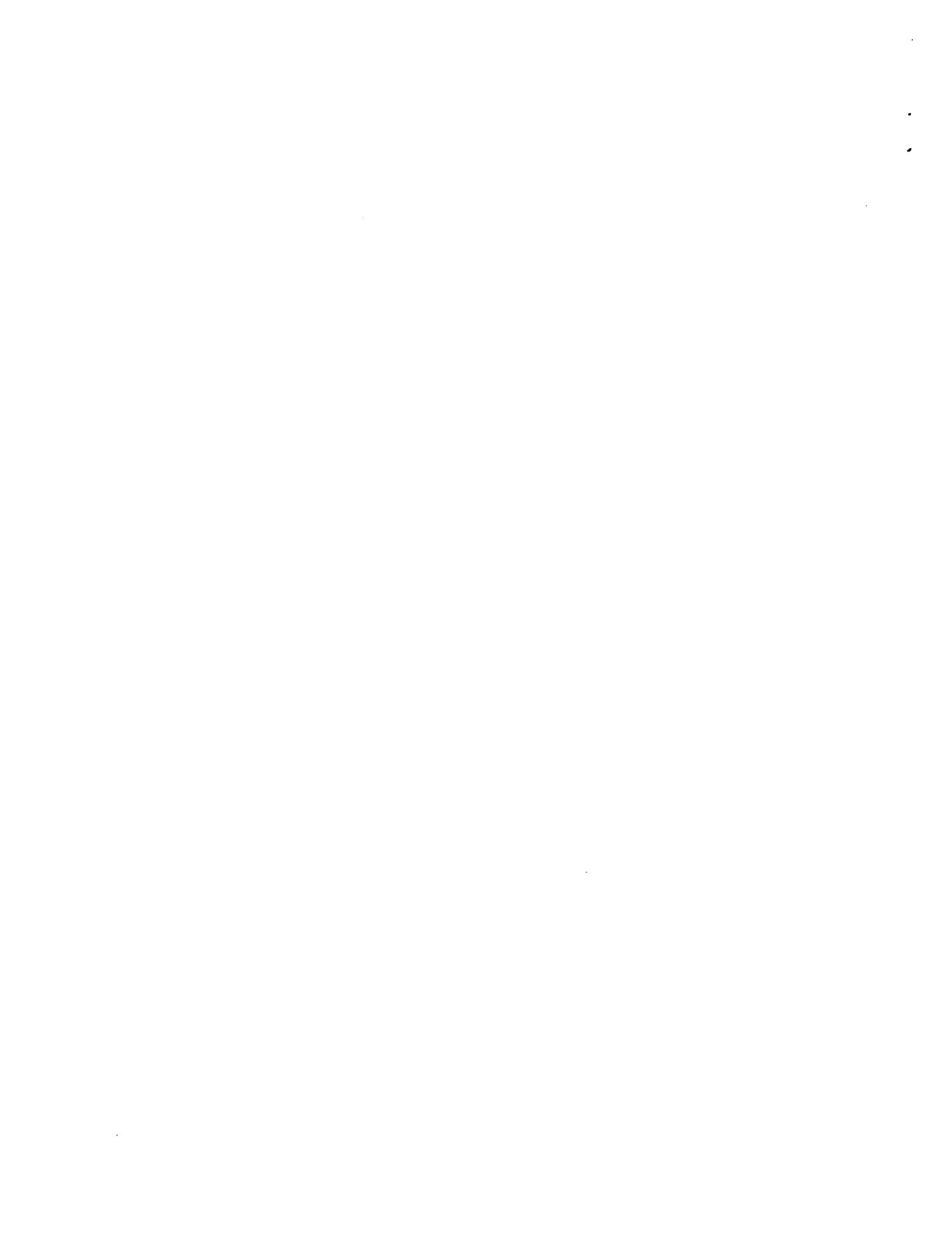
Equivalents: JP3407608B2

### Abstract

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To significantly reduce color irregularity on a light emission observation surface and also dispersion on each light-emitting diode by forming an fluorescent layer, made of a non-particle inorganic light-emitting body on an LED chip.

**SOLUTION:** An inorganic fluorescent thin film 101 formed on an LED chip 102 by sputtering method forms a fluorescent layer having a constant film thickness. After forming a thin film 101 of an inorganic phosphor, a mold member 106 is formed and a shell-type light-emitting diode is formed. A fluorescent layer is a non-particulate type inorganic fluorescent body 102, which is excited by light released at least from a semiconductor light-emitting layer of an LED chip 102. Here, non-particulate type means a phosphor itself formed to a laminated shape instead of powder. When light emitted from LED chip 102 and light emitted from the fluorescent layer of the non-particulate shape have additive complementary colors, white color can be emitted by mixing respective colors together.

Data supplied from the esp@cenet database - I2



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-46015

(43)公開日 平成11年(1999)2月16日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 L 33/00

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

A

C

審査請求 未請求 請求項の数 5 OL (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平9-201310

(22)出願日 平成9年(1997)7月28日

(71)出願人 000226057

日亞化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72)発明者 山中 弘三

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亞化  
学工業株式会社内

(72)発明者 山田 元量

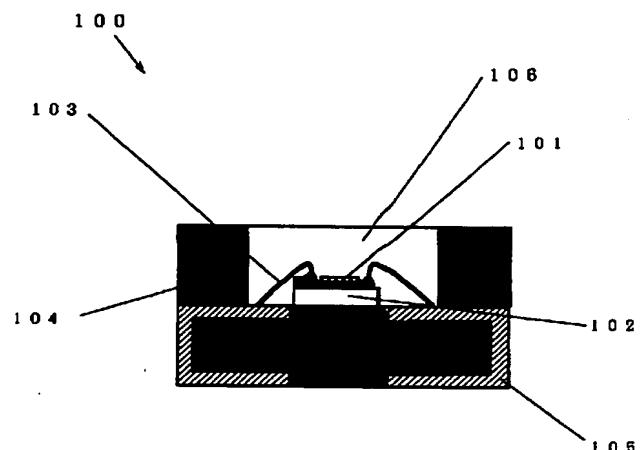
徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亞化  
学工業株式会社内

(54)【発明の名称】 発光ダイオード及びその形成方法

(57)【要約】

【課題】本発明は、LEDチップからの発光を波長変換して発光可能な蛍光体を有する発光ダイオードにおいて、発光方位、色調ムラを改善した発光ダイオード及びその形成方法に関する。

【解決手段】本発明は、LEDチップからの発光の少なくとも一部を吸収し波長変換して発光する無機蛍光体を有する発光ダイオードであって、LEDチップ上に非粒子状性の蛍光層を有する発光ダイオードである。



(2)

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】LEDチップと、該LEDチップからの発光の少なくとも一部を吸収し波長変換して発光する無機蛍光体と、を有する発光ダイオードであつて、前記無機蛍光体がLEDチップ上に形成された非粒子状性の蛍光層であることを特徴とする発光ダイオード。

【請求項2】前記LEDチップは発光層が窒化物系化合物半導体であり、且つ前記蛍光層がセリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体である請求項1記載に記載された発光ダイオード。

【請求項3】前記LEDチップの主発光ピークが400 nmから530 nmであり、且つ前記蛍光層の主発光波長が前記LEDチップの主ピークよりも長い請求項2記載に記載された発光ダイオード。

【請求項4】前記蛍光層が $(Re_{1-x}Sm_x)_3(Al_{1-y}Ga_y)5O_{12}$ :Ceである請求項1記載に記載された発光ダイオード。ただし、 $0 \leq x < 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、Reは、Y、Gd、Laから選択される少なくとも一種の元素である。

【請求項5】LEDチップと、該LEDチップからの発光の少なくとも一部を吸収し波長変換して発光する無機蛍光体と、を有する発光ダイオードの形成方法であつて、

前記LEDチップ上に前記無機蛍光体をスパッタリング法により薄膜を形成させることを特徴とする発光ダイオードの形成方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、LEDディスプレイ、バックライト光源、信号機、照光式スイッチ、各種センサー及び各種インジケータなどに利用される発光装置に係わり、特に発光素子であるLEDチップからの発光を波長変換して発光可能な蛍光体を有する発光ダイオードにおいて、発光方位、色調ムラを改善した発光ダイオード及びその形成方法に関する。

## 【0002】

【従来技術】発光装置である発光ダイオード（以下、LEDとも呼ぶ。）は、小型で効率が良く鮮やかな色の発光をする。また、半導体素子であるため球切れなどの心配がない。駆動特性が優れ、振動やON/OFF点灯の繰り返しに強いという特徴を有する。そのため各種インジケータや種々の光源として利用されている。しかしながら、LEDは優れた単色性ピーク波長を有するが故に白色系などの発光波長を発光することができない。

【0003】そこで、本願出願人は、青色発光ダイオードと蛍光物質により青色発光ダイオードからの発光を色変換させて他の色などが発光可能な発光ダイオードとして、特開平5-152609号公報、特開平7-99345号公報などに記載された発光ダイオードを開発した。これらの発光ダイオードによって、1種類のLED

(2)

2

チップを用いて白色系や青色LEDチップを用いた緑色など他の発光色を発光させることができる。

【0004】具体的には、青色系が発光可能なLEDチップなどをリードフレームの先端に設けられたカップ上などに配置する。LEDチップは、LEDチップが設けられたメタルシステムやメタルポストとそれぞれ電気的に接続させる。そして、LEDチップを被覆する樹脂モールド部材中などにLEDチップからの光を吸収し波長変換する蛍光物質を含有させて形成させてある。青色系の発光ダイオードと、その発光を吸収し黄色系を発光する蛍光物質などを選択することにより、これらの発光の混色を利用して白色系を発光させることができる。このような発光ダイオードは、白色系を発光する発光ダイオードとして利用した場合においても十分な輝度を発光する発光ダイオードとして利用することができる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、形成された各発光ダイオードの色が所望通りに形成されにくい傾向にある。すなわち、LEDチップは、 $300\mu m$ 角程度の極めて小さい。また、LEDチップからの光を変換する蛍光体は極めて少量ですむ。そのため蛍光体の塗布及び配置が極めて難しい。特に、LEDチップからの光と、その光により励起され、LEDからの光とは異なる光の混色によって発光色を決める発光ダイオードにおいては、少しの色ずれにより表示色が大きく異なることとなる。蛍光体の混色を用いた発光ダイオードを量産させた場合、この色ずれの範囲が広く。そのため所望の色度範囲に形成せざるを得ないが低下する傾向にある。

【0006】また、マウント・リード上の反射カップ内に単にLEDチップ及び蛍光体を実装しモールド部材を形成させると、発光ダイオードの発光観測面において僅かながら色むらを生じる場合がある。具体的には、発光観測面側から見て発光素子であるLEDチップが配置された中心部が青色ぼく、その周囲方向にリング状に黄、緑や赤色ぼい部分が見られる場合がある。人間の色調感覚は、白色において特に敏感である。そのため、わずかな色調差でも赤ぼい白、緑色ぼい白、黄色ぼい白等を感じる。

【0007】このような発光観測面を直視することによって生ずる色むらは、品質上好ましくないばかりでなく表示装置に利用したときの表示面における色むらや、光センサーなど精密機器における誤差を生ずることにもなる。

【0008】本発明は上記問題点を解決し発光観測面における色調むらや発光ダイオードごとのバラツキが極めて少なく、量産性の良い発光ダイオードなどを形成させることにある。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、LEDチップ

(3)

3

からの発光の少なくとも一部を吸収し波長変換して発光する無機蛍光体を有する発光ダイオードである。特に、本発明は、LEDチップ上に形成された無機蛍光体が非粒子状性の蛍光層である。

【0010】本発明の請求項2に記載された発光ダイオードは、LEDチップの発光層が窒化物系化合物半導体であり、且つ蛍光層がセリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体である。

【0011】本発明の請求項3に記載された発光ダイオードは、LEDチップの主発光ピークが400nmから530nmであり、且つ蛍光層の主発光波長がLEDチップの主ピークよりも長いものである。

【0012】本発明の請求項4に記載された発光ダイオードは、蛍光層が $(Re_{1-x}Sm_x)_3(Al_{1-y}Ga_y)_5O_{12}:Ce$ である。ただし、 $0 \leq x < 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、Reは、Y、Gd、Laから選択される少なくとも一種の元素である。

【0013】本発明の請求項5に記載された発光ダイオードの形成方法は、LEDチップからの発光の少なくとも一部を吸収し波長変換して発光する無機蛍光体を有する発光ダイオードの形成方法である。特に、LEDチップ上の無機蛍光体をスパッタリング法により形成させるものである。

【0014】

【作用】本発明は、LEDチップ上に無機蛍光体を非粒子状性の薄膜として形成することができるため、蛍光体の量が一定となり均一な発光特性を得ることができる。そのため発光面における色むらや発光ダイオードごとのバラツキの極めて少なく歩留まりを高くすることができる。また、高輝度高エネルギー光が発光可能なLEDチップからの光に対しても信頼性よく発光させることができる。

【0015】

【発明の実施の形態】本発明者は種々の実験の結果、LEDチップ上に直接蛍光体の薄膜を形成することにより、発光観測面における色調むらや発光装置ごとの色バラツキが改善できることを見出し本発明を成すに到った。

【0016】本発明による特性向上の理由は定かでないが、LEDチップ上にスパッタリング法を用いて形成された無機蛍光体薄膜は、一定の膜厚の蛍光層を形成することができるため色むらや色バラツキが低減すると考えられる。

【0017】即ち、LEDチップには、リードフレームなどと電気的に接続するために電極や金属ワイヤーなどが設けられている。このような金属ワイヤーや電極は、その上に形成される蛍光体にとって凹凸となる。凹凸が大きければ、蛍光体の量が部分的に異なる。本発明は、スパッタリング法によりLEDチップ上に蛍光体薄膜を形成したことにより、凹凸に関係なく一定の膜厚を

有する蛍光層を形成することができる。

【0018】したがって、LEDチップの凹凸に左右されず、無機蛍光体の膜厚が一定となることより、発光観測面における色調むらや発光ダイオードごとのバラツキが生じないこととなる。また、蛍光体は、通常数μmから数十μm程度の粒径で形成される。半導体素子の発光部は、300μm程度に形成されるため均一にさせるには半導体素子に対して蛍光体が大きすぎる。そのため、非粒子状性の蛍光層を利用することにより粒子径に依存することはない均一発光が可能となる。

【0019】具体的には、図2の如く、マウント・フレーム上にLEDチップをダイボンディングさせると共にLEDチップの電極と導電性ワイヤーである金線をインナー・リードにワイヤーボンディングする。次に、LEDチップが配置されたマウント・リードを真空チャンバー内に配置させる。真空チャンバー内には、マウント・リードと対向する位置に蛍光体の固まりを電極となる支持体に固定してある。真空チャンバー内にアルゴンガスを注入して電圧を加えるとアルゴンイオンが蛍光体をたたく。たたかれた蛍光体が飛散して対向するマウント・リード上に付着することになる。無機蛍光体の薄膜を形成後、モールド部材を形成し砲弾型の発光ダイオードを形成させた。形成された発光ダイオードは、複数形成させてもバラツキの少ない発光ダイオードとすることができる。以下、本発明の構成部材について詳述する。

【0020】(非粒子状性の蛍光層101、201)本発明に用いられる蛍光層としては、少なくともLEDチップ102の半導体発光層から放出された光で励起されて発光する非粒子状性の無機蛍光体101、201をいう。ここで非粒子状性とは、蛍光体自体が粉体ではなく層状に形成されたものをいう。LEDチップ102から発光した光と、非粒子状性の蛍光層から発光する光が補色関係などにある場合、それぞれの光を混色させることで白色を発光させることができる。

【0021】具体的には、LEDチップ102からの光とそれによって励起され発光する非粒子状性の蛍光層101、201の光がそれぞれ光の3原色(赤色系、緑色系、青色系)やLEDチップ102から発光された青色とそれによって励起され黄色を発光する非粒子状性の蛍光層101、201の光などが挙げられる。非粒子状性の蛍光層101、201の膜厚及び発光素子であるLEDチップ102の主発光波長を選択することにより白色を含め電球色など任意の色調を提供させることができ。したがって、発光ダイオードの外部には、LEDチップ102からの発光と非粒子状性の蛍光層101、201からの発光がモールド部材106を効率よく透過することが好ましい。

【0022】半導体発光層からの光によって励起される非粒子状性の蛍光層101、201は、励起光源となるLEDチップ102から放出される光により種々選択す

(4)

5

することができる。具体的な非粒子状性の蛍光層の組成としては、クロムで付活されたサファイア、セリウムで付活されたイットリウム・アルミニウム・ガーネット系蛍光体や酸化エルビウム(3)などが挙げられる。特に、高輝度且つ長時間の使用時においては  $(\text{Re}_{1-x}\text{Sm}_x)_3(\text{Al}_{1-y}\text{Ga}_y)\text{5O}_{12} : \text{Ce}$  ( $0 \leq x < 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ )、但し、 $\text{Re}$  は、 $\text{Y}$ ,  $\text{Gd}$ ,  $\text{La}$  からなる群より選択される少なくとも一種の元素である。) などが好ましい。蛍光体として特に  $(\text{Re}_{1-x}\text{Sm}_x)_3(\text{Al}_{1-y}\text{Ga}_y)\text{5O}_{12} : \text{Ce}$  を用いた場合には、LEDチップ102と接する或いは近接して配置され放射照度として  $(E_e) = 3 \text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$  以上  $10 \text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$  以下においても高効率に十分な耐光性を有する発光ダイオードとすることができます。

**【0023】**  $(\text{Re}_{1-x}\text{Sm}_x)_3(\text{Al}_{1-y}\text{Ga}_y)\text{5O}_{12} : \text{Ce}$  蛍光体は、ガーネット構造のため、熱、光及び水分に強く、励起スペクトルのピークが  $470 \text{nm}$  付近などにさせることができる。また、発光ピークも  $580 \text{nm}$  付近にあり  $720 \text{nm}$  まで裾を引くブロードな発光スペクトルを持たせることができる。しかも、組成の  $\text{Al}$  の一部を  $\text{Ga}$  で置換することで発光波長が短波長にシフトし、また組成の  $\text{Y}$  の一部を  $\text{Gd}$  で置換することで、発光波長が長波長へシフトする。このように組成を変化することで発光色を連続的に調節することが可能である。したがって、長波長側の強度が  $\text{Gd}$  の組成比で連続的に変えられるなど高輝度に発光可能な窒化物系化合物半導体の青色発光を利用して白色系発光に変換するための理想条件を備えている。

**【0024】** この蛍光体は、 $\text{Y}$ 、 $\text{Gd}$ 、 $\text{Ce}$ 、 $\text{Sm}$ 、 $\text{Al}$ 、 $\text{La}$  及び  $\text{Ga}$  の原料として酸化物、又は高温で容易に酸化物になる化合物を使用し、それらを化学量論比で十分に混合して原料を得る。又は、 $\text{Y}$ 、 $\text{Gd}$ 、 $\text{Ce}$ 、 $\text{Sm}$  の希土類元素を化学量論比で酸に溶解した溶解液を磷酸で共沈したものを焼成して得られる共沈酸化物と、酸化アルミニウム、酸化ガリウムとを混合して混合原料を得る。これにブラックスとしてフッ化アンモニウム等のフッ化物を適量混合して加圧し成形体を得る。成形体を培堀に詰め、空気中  $1350 \sim 1450^\circ\text{C}$  の温度範囲で 2 ~ 5 時間焼成して、蛍光体の発光特性を持った焼結体を得ることができる。

**【0025】** 本発明の発光ダイオードにおいて、非粒子状性の蛍光層は、2種類以上の非粒子状性の蛍光層を積層させてもよい。即ち、 $\text{Al}$ 、 $\text{Ga}$ 、 $\text{Y}$ 、 $\text{La}$  及び  $\text{Gd}$  や  $\text{Sm}$  の含有量が異なる2種類以上の  $(\text{Re}_{1-x}\text{Sm}_x)_3(\text{Al}_{1-y}\text{Ga}_y)\text{5O}_{12} : \text{Ce}$  蛍光体を多層に積層させて RGB の波長成分を増やすことができる。また、現在のところ半導体発光素子である LEDチップ102の発光波長には、バラツキが生ずるものがあるため可視光を利用する場合、2種類以上の蛍光体の膜厚を調整させて一定の白色光などを得ることができる。具体的には、発

6

光素子の発光波長に合わせて色度点の異なる非粒子状性の蛍光層をそれぞれ形成させる。非粒子状性の蛍光層が形成される膜厚を調整させることで、各非粒子状性の蛍光層から放出される色間と LEDチップから放出される色で結ばれる色度図上の任意範囲を発光させることができる。

**【0026】** 非粒子状性の蛍光層を形成させるスペッタリング装置例として図3に示す。図3は、スペッタリング装置である。真空チャンバー300内にアルゴンガスを注入すると共にバルブ304を介して排氣する。ターゲットとなる蛍光体301をグランドに落とされた電極303に固定する。他方、LEDの各半導体層が形成されたウエハ302が配置された電極に交流電圧を加えるとアルゴンイオンがターゲットとなる蛍光体301に衝突する。衝突された衝撃で蛍光体301がはじき出され対向するウエハ302上に堆積することができる。本発明に用いられるスペッタリング装置としては、種々のマグнетロンスペッタ装置や多極スペッタリング装置を用いることができる。なお、非粒子状性の蛍光層は、スペッタリング法の他、真空蒸着法や放電、熱、光などの各種CVD法によって形成することも可能である。

**【0027】** (LEDチップ102) 本発明に用いられるLEDチップ102とは、非粒子状性の蛍光層101、201を励起可能なものである。好ましくは無機蛍光体101、201を効率良く励起できる比較的短波長な紫外光や可視光を効率よく発光可能な窒化物系化合物半導体(一般式  $\text{In}_i\text{Ga}_j\text{Al}_k\text{N}$ 、但し、 $0 \leq i, 0 \leq j, 0 \leq k, i + j + k = 1$ )などが挙げられる。発光素子であるLEDチップ102は、MOCVD法等により基板203上に  $\text{InN}$ 、 $\text{AlN}$ 、 $\text{GaN}$ 、 $\text{InGaN}$ 、 $\text{AlGaN}$ 、 $\text{InGaAlN}$  等の半導体202を発光層として形成させる。半導体202の構造としては、MIS接合、PIN接合やPN接合などを有するホモ構造、ヘテロ構造あるいはダブルヘテロ構成のものが挙げられる。半導体層202の材料やその混晶度によって発光波長を種々選択することができる。また、半導体活性層を量子効果が生ずる薄膜に形成させた単一量子井戸構造や多重量子井戸構造とすることもできる。

**【0028】** 窒化ガリウム系化合物半導体を使用した場合、半導体基板203にはサファイア、スピネル、 $\text{SiC}$ 、 $\text{Si}$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{GaN}$  等の材料が好適に用いられる。結晶性の良い窒化ガリウムを形成させるためにはサファイア基板を用いることがより好ましい。サファイア基板上に半導体膜202を成長させる場合、 $\text{GaN}$ 、 $\text{AlN}$  等のバッファー層を形成しその上にPN接合を有する窒化ガリウム半導体を形成させることができ。また、サファイア基板上に  $\text{SiO}_2$  をマスクとして選択成長させた  $\text{GaN}$  単結晶自体を基板として利用することもできる。この場合、各半導体層を形成後  $\text{SiO}_2$  をエッチング除去させることによって発光素子とサファイア基

(5)

7

板とを分離させることもできる。

【0029】窒化ガリウム系化合物半導体は、不純物をドープしない状態でN型導電性を示す。発光効率を向上させるなど所望のN型窒化ガリウム半導体を形成させる場合は、N型ドーパントとしてSi、Ge、Se、Te、C等を適宜導入することが好ましい。一方、P型窒化ガリウム半導体を形成させる場合は、P型ドーパンドであるZn、Mg、Be、Ca、Sr、Ba等をドープさせる。窒化ガリウム系化合物半導体は、P型ドーパントをドープしただけではP型化しにくいためP型ドーパント導入後に、炉による加熱、低速電子線照射やプラズマ照射等することでP型化させることが好ましい。

【0030】具体的なLEDチップの層構成としては、窒化ガリウム、窒化アルミニウムなどを低温で形成させたバッファ層を有するサファイア基板や炭化珪素上に、窒化ガリウム半導体であるN型コンタクト層、窒化アルミニウム・ガリウム半導体であるN型クラッド層、Zn及びSiをドープさせた窒化インジウム・ガリウム半導体である活性層、窒化アルミニウム・ガリウム半導体であるP型クラッド層、窒化ガリウム半導体であるP型コンタクト層が積層されたものが好適に挙げられる。

【0031】LEDチップ102を形成させるためにはサファイア基板を有するLEDチップの場合、エッチングなどによりP型半導体及びN型半導体の露出面を形成させた後、半導体層上にスパッタリング法や真空蒸着法などを用いて所望の形状の非粒子状蛍光体101、201や各導電型と接続された第1の電極204、第2の電極205を形成させる。SiC基板の場合、基板自体の導電性を利用して半導体を介して一对の電極を形成させることもできる。少なくとも半導体接合を被覆するように非粒子状性の蛍光層201を形成させることにより、無機蛍光体の層自体をLEDの保護膜として機能させることもできる。

【0032】次に、非粒子状性の蛍光層が形成された半導体ウエハ等をダイヤモンド製の刃先を有するブレードが回転するダイシングソーにより直接フルカットするか、又は刃先幅よりも広い幅の溝を切り込んだ後（ハーフカット）、外力によって半導体ウエハを割る。あるいは、先端のダイヤモンド針が往復直線運動するスクライバーにより半導体ウエハに極めて細いスクライブライン（経線）を例えば碁盤目状に引いた後、外力によってウエハを割り半導体ウエハからチップ状にカットする。このようにして本発明に利用可能な窒化物系化合物半導体であるLEDチップ102を形成させることができる。

【0033】本発明の発光ダイオードにおいて白色系を発光させる場合は、非粒子状性の蛍光層からの光との補色等を考慮してLEDチップ102の主発光波長は400nm以上530nm以下が好ましく、420nm以上490nm以下がより好ましい。LEDチップと蛍光体との効率をそれぞれより向上させるためには、450nm

8

m以上475nm以下がさらに好ましい。

【0034】（導電性ワイヤー103）導電性ワイヤー103としては、LEDチップ102の電極204、205とのオーム性、機械的接続性、電気伝導性及び熱伝導性がよいものが求められる。熱伝導度としては0.01cal/(S)(cm<sup>2</sup>) (°C/cm) 以上が好ましく、より好ましくは0.5cal/(S)(cm<sup>2</sup>) (°C/cm) 以上である。また、作業性などを考慮して導電性ワイヤー103の直径は、好ましくは、Φ10μm以上、Φ45μm以下である。このような導電性ワイヤー103として具体的には、金、銅、白金、アルミニウム等の金属及びそれらの合金を用いた導電性ワイヤーが挙げられる。このような導電性ワイヤー103は、各LEDチップ102の電極204、205と、インナー・リード及びマウント・リードなどと、をワイヤーボンディング機器によって容易に接続させることができる。

【0035】（パッケージ104）パッケージ104は、LEDチップ102を凹部内に固定保護すると共に外部との電気的接続が可能な外部電極105を有するものである。したがって、LEDチップ102の数や大きさに合わせて複数の開口部を持ったパッケージ104とすることもできる。また、好適には遮光機能を持たせるために黒や灰色などの暗色系に着色させる、或いはパッケージ104の発光観測表面側が暗色系に着色されている。

【0036】パッケージ104は、LEDチップ102をさらに外部環境から保護するため透光性保護体であるモールド部材106を設けることができる。パッケージ104は、モールド部材106との接着性がよく剛性の高いものが好ましい。LEDチップ102と外部とを電気的に遮断するために絶縁性を有することが望まれる。さらに、パッケージ104は、LEDチップ102などからの熱の影響をうけた場合、モールド部材106との密着性を考慮して熱膨張率の小さい物が好ましい。パッケージ104の凹部内表面は、エンボス加工させて接着面積を増やしたり、プラズマ処理してモールド部材106との密着性を向上させることもできる。

【0037】パッケージ104は、外部電極105と一緒に形成させてもよく、パッケージ104が複数に分かれ、はめ込みなどにより組み合わせて構成させてもよい。このようなパッケージ104は、インジェクション成形などにより比較的簡単に形成することができる。パッケージ材料としてポリカーボネート樹脂、ポリフェニレンサルファイド（PPS）、液晶ポリマー（LCP）、ABS樹脂、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、アクリル樹脂、PBT樹脂等の樹脂やセラミックなどが挙げられる。また、パッケージ104を暗色系に着色する着色剤としては種々の染料や顔料が好適に用いられる。具体的には、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MnO<sub>2</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>やカーボンブラックなどが好適に挙げられる。

(6)

9

【0038】LEDチップ102とパッケージ104との接着は熱硬化性樹脂などによって行うことができる。具体的には、エポキシ樹脂、アクリル樹脂やイミド樹脂などが挙げられる。また、LEDチップ102を配置固定させると共にパッケージ104内の外部電極105と電気的に接続させるためにはAgペースト、カーボンペースト、ITOペースト、金属バンプ等が好適に用いられる。

【0039】(外部電極105) 外部電極105は、パッケージ104からの電力を内部に配置されたLEDチップ102に供給するために用いられる。パッケージ104上に設けられた導電性を有するパターンやリードフレームを利用したものなど種々のものが挙げられる。また、外部電極105は放熱性、電気伝導性、LEDチップ102の特性などを考慮して種々の大きさに形成させることができる。外部電極105は、各LEDチップ102を配置すると共にLEDチップ102から放出された熱を外部に放熱させるため熱伝導性がよいことが好ましい。外部電極105の具体的な電気抵抗としては $300\ \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 以下が好ましく、より好ましくは、 $3\ \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 以下である。また、具体的な熱伝導度は、 $0.01\ \text{ca}1/(\text{s})(\text{cm}^2)\ (\text{°C}/\text{cm})$ 以上が好ましく、より好ましくは $0.5\ \text{ca}1/(\text{s})(\text{cm}^2)\ (\text{°C}/\text{cm})$ 以上である。

【0040】外部電極105の具体的材料としては、銅やりん青銅板表面に銀、パラジウム或いは金などの金属メッキや半田メッキなどを施したものが好適に用いられる。外部電極105としてリードフレームを利用した場合は、電気伝導度、熱伝導度によって種々利用できるが加工性の観点から板厚 $0.1\text{ mm}$ から $2\text{ mm}$ が好ましい。ガラスエポキシ樹脂やセラミックなどの基板上などに設けられた外部電極105としては、銅箔やタングステン層を形成させることができる。プリント基板上に金属箔を用いる場合は、銅箔などの厚みとして $1.8\sim7.0\ \mu\text{m}$ とすることが好ましい。また、銅箔等の上に金、半田メッキなどを施しても良い。

【0041】(モールド部材106) モールド部材106は、発光ダイオードの使用用途に応じてLEDチップ102、導電性ワイヤー103、非粒子状性の蛍光層101などを外部から保護するために設けることができる。モールド部材106は、各種樹脂や硝子などを用いて形成させることができる。モールド部材106の具体的材料としては、主としてエポキシ樹脂、ユリア樹脂、シリコーン樹脂などの耐候性に優れた透明樹脂や硝子などが好適に用いられる。また、モールド部材106に拡散剤を含有させることによってLEDチップ102からの指向性を緩和させ視野角を増やすこともできる。以下、本発明の実施例について説明するが、本発明は具体的実施例のみに限定されるものではないことは言うまでもない。

10

## 【0042】

## 【実施例】

(実施例1) LEDチップとして主発光ピークが $460\text{ nm}$ のIn<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>N半導体を用いた。LEDチップは、洗浄させたサファイア基板上にTMG(トリメチルガリウム)ガス、TMI(トリメチルインジウム)ガス、窒素ガス及びドーパントガスをキャリアガスと共に流し、MOCVD法で窒化ガリウム系化合物半導体を成膜させることにより形成させた。ドーパントガスとしてSiH<sub>4</sub>とCp<sub>2</sub>Mgと、を切り替えることによってN型導電性を有する窒化ガリウム系半導体とP型導電性を有する窒化ガリウム系半導体を形成しPN接合を形成させる。半導体発光素子としては、N型導電性を有する窒化ガリウム半導体であるコンタクト層と、P型導電性を有する窒化ガリウムアルミニウム半導体であるクラッド層、P型導電性を有する窒化ガリウム半導体であるコンタクト層を形成させた。N型導電性を有するコンタクト層とP型導電性を有するクラッド層との間に厚さ約 $3\text{ nm}$ であり、単一量子井戸構造とされるノンドープInGa<sub>a</sub>Nの活性層を形成させた。(なお、サファイア基板上には低温で窒化ガリウム半導体を形成させバッファ層とさせてある。また、P型導電性を有する半導体は、成膜後 $400\text{ °C}$ 以上でアニールさせてある。)

その後、エッチングによりサファイア基板上のPN各半導体表面を露出させた。また、PN各半導体表面が露出された部位は、最終的に形成される各LEDチップごとに複数ある。さらに、各LEDチップの大きさごと矩形に分割できるよう半導体層をサファイア基板まで部分的に除去し電気的にも分離させてある。導電性ワイヤーとなる金線を付着させるためのパッド電極形成面には、レジストを予め形成させ半導体ウエハを形成した。

【0043】一方、非粒子状性の蛍光層を形成するために、Y、Gd、Ceの希土類元素を化学量論比で酸に溶解した溶解液を謬酸で共沈させた。これを焼成して得られる共沈酸化物と、酸化アルミニウムと混合して混合原料を得る。これにフラックスとしてフッ化アンモニウムを混合した後、 $40\text{ kg f/cm}^2$ を5秒で成形体を形成した。成形体を坩堝に詰め、空气中 $1350\text{ °C}$ の温度で3時間焼成して焼成品を得た。

【0044】焼成品の端面を平滑になるようカットした後、(Y<sub>0.8</sub>Gd<sub>0.2</sub>)<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ce 0.035蛍光体組成をもったターゲットとして利用した。2極スパッタリング装置の真空チャンバー内にターゲットと上述のレジストまで形成された半導体ウエハを固定させた。スパッタリング装置の真空チャンバー内にアルゴンガスを流すと共にそれぞれの電極に交流電圧を印加した。電圧を印加させて蛍光体膜を半導体ウエハ上に形成させた後、レジストをリフトオフにより除去して所望の半導体ウエハ上内のみに平滑で非粒子状性の無機蛍光層が形成させた。

(7)

11

【0045】こうして蛍光層を形成させた半導体ウエハをLEDチップに分割させるためのエッティングラインに沿ってダイサーでダイシングした後、スクライバーでスクライブラインを形成させた。スクライブラインに沿ってサファイア基板側からローラにより加圧して、個々に分割し蛍光層を持ったLEDチップを形成させた。

【0046】また、インサート成形によりポリカーボネート樹脂を用いてチップタイプLEDのパッケージを形成させた。チップタイプLEDのパッケージ内は、LEDチップが配される開口部を備えている。パッケージ中には、銀メッキした銅板を外部電極として配置させてある。パッケージ内部で蛍光層が形成されたLEDチップをエポキシ樹脂などを用いて固定させる。導電性ワイヤーである金線をLEDチップの各電極とパッケージに設けられた各外部電極とにそれぞれワイヤーボンディングさせ電気的に接続させてある。こうしてLEDチップが配置されたパッケージを4000個形成させた。

【0047】得られた発光ダイオードに電力を供給させることによって白色系を発光させることができる。発光ダイオードの正面から色温度、演色性をそれぞれ測定した。色温度7150K、Ra(演色性指数)=78.5を示した。また、発光光率は6.8lm/wであった。また、バラツキを色度座標上の面積として測定した。

【0048】(比較例1) LEDチップ上には、非粒子状性の蛍光層を形成させない代わりにエポキシ樹脂中に(Y<sub>0.8</sub>G<sub>d0.2</sub>)<sub>3</sub>A<sub>1.5</sub>O<sub>12</sub>:Ce0.035蛍光体を混合させたコーティング部をLEDチップ上に形成させた以外は、実施例1と同様にして発光ダイオードを4000個形成させた。形成された発光ダイオードの断面は、コーティング部の端面がはい上がっていると共に蛍光物質の量が不均一であった。こうして形成された発光ダイオードの色度点を実施例1と同様に測定した。形成された発光ダイオードは、LEDチップの発光波長と蛍光体の発光波長を結んだ線上に略位置したが、バラツキが大きかった。実施例1と同様にして色度座標上のバラツキ面積を測定した。比較例1の面積は、実施例1の面積の約2.6倍でありバラツキが大きかった。

【0049】

【発明の効果】LEDチップ上に配置された非粒子状性の蛍光層は、均一な膜厚を持った蛍光体薄膜として形成される。そのために各方位による色度のずれが極めて少なく発光観測面から見て色調ずれがない発光ダイオードとさせることができる。また、歩留まりの高い発光ダイオードとすることができる。さらに、非粒子状性の蛍光層自体が半導体活性層である半導体接合部を被覆することができるため極めて信頼性の高い発光ダイオードを形成させることができる。この場合、導電性接着剤を用いて外部電極と電気的接続をさせても短絡のない発光ダイオードとすることもできる。

12

【0050】特に、本発明の請求項1に記載の構成とすることにより、LEDチップ上の無機蛍光体は非粒子状性であるため粒子径に依存することのない均一発光が可能となる。また、蛍光層がそのまま形成されることによりバインダーが不要となる。さらに、ウエハ単位で処理が可能で効率よく形成することができる。形成された蛍光体は、LEDチップの保護膜としても機能する。

【0051】本発明の請求項2に記載の構成とすることにより、高輝度、長時間の使用においてもより輝度の低下や色ずれの少ない発光ダイオードとすることができる。

【0052】本発明の請求項3に記載の構成とすることにより、より耐光性及び発光効率の高い白色系が発光可能な発光ダイオードとすることができる。

【0053】本発明の請求項4に記載の構成とすることにより、高輝度、長時間の使用においてもより輝度の低下や色ずれの少ない発光ダイオードとすることができる。

【0054】本発明の請求項5に記載の方法とすることにより、発光観測方位や量産時におけるバラツキが少ない発光ダイオードを量産性よく形成することができる。また、膜厚を調節することにより発光効率を容易に最適化することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明の発光ダイオードであるチップタイプLEDの模式的断面図である。

【図2】図2は、本発明の発光ダイオードであるLEDチップの模式図であり、図2(A)は、模式的断面図であり、図2(B)は、概略正面図である。

【図3】図3は、本発明の発光ダイオードを形成させる形成装置を示した模式的説明図である。

#### 【符号の説明】

100・・・チップタイプLED

101、201・・・非粒子状性の無機蛍光層

102・・・LEDチップ

103・・・導電性ワイヤー

104・・・パッケージ

105・・・外部電極

106・・・モールド部材

202・・・半導体層

203・・・基板

204・・・N型導電性を有する半導体層に接続された第1の電極

205・・・P型導電性を有する半導体層に接続された第2の電極

300・・・真空チャンバー

301・・・蛍光体のターゲット

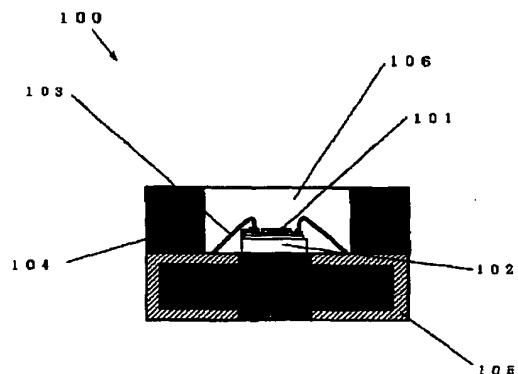
302・・・半導体ウエハ

303・・・ターゲットを支持する電極

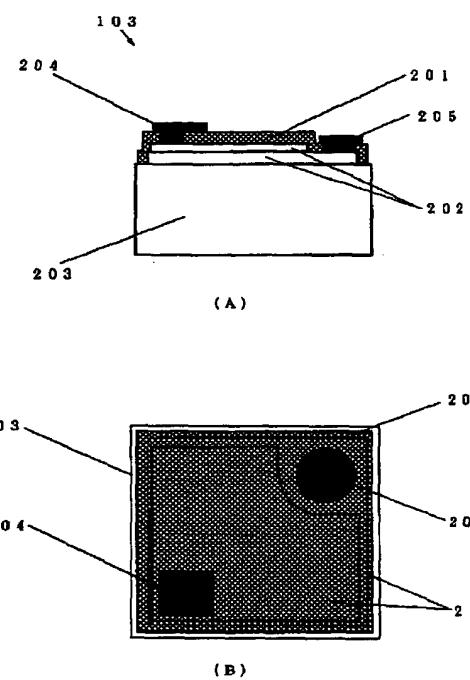
304・・・排気バルブ

(8)

【図1】



【図2】



【図3】

